

鲭鱼淮山鱼签工艺研究

Study on the processing for mackerel-yam fish-chips

吕雪宁^{1,2}陈怀宇¹郭凤仙^{1,2}郑宗平^{1,2}LU Xue-ning^{1,2} CHEN Huai-yu¹ GUO Feng-xian^{1,2} ZHENG Zong-ping^{1,2}

(1. 泉州师范学院海洋与食品学院, 福建 泉州 362000;

2. 泉州师范学院闽南特色传统食品工程研究中心, 福建 泉州 362000)

(1. College of Oceanology and Food Science, Quanzhou Normal University, Quanzhou, Fujian 362000, China;

2. The Engineering Research Center for Characteristic Traditional Food of Southern Fujian, Quanzhou Normal University, Quanzhou, Fujian 362000, China)

摘要:目的:解决鲭鱼利用率低,鱼签口味单一的问题。

方法:以冷冻鲭鱼、淀粉和淮山粉为试材,通过测定鱼签的比容、脆性、硬度、色泽、脂肪及产品丙烯酰胺含量,研究老化时间、油炸时间、油炸温度和淮山粉添加量对鱼签品质的影响。**结果:**随着老化时间的延长,鱼签的比容逐渐增大,当老化时间为 48 h 时比容最大为 4.14 mL/g;而硬度呈逐渐降低的趋势,当老化时间为 48,60 h 时,硬度分别为 382.8,371.5 N;脆性随老化时间的增加先增加后减小,当老化时间 > 36 h 时,鱼签脆性无显著差异;鱼签最佳油炸时间为 40 s,此时比容为 4.2 mL/g,脆性为 0.354 mm,硬度为 357.17 N;当油炸温度 > 180 °C 时,鱼签的比容和脆性变化不显著;随着淮山粉添加量的增加,鱼签的比容和硬度逐渐减小,脆性逐渐增大,脂肪含量无明显规律,丙烯酰胺含量逐渐减少。**结论:**鲭鱼淮山鱼签能满足大众的需求,具有潜在的开发价值。

关键词: 鲭鱼; 鱼签; 淮山粉; 脂肪; 丙烯酰胺

Abstract: Objective: This study aimed to solve the problem of the low utilization rate of mackerel and the single taste of fish chips.

Methods: The specific volume, crispness, hardness, color, fat and acrylamide content of mackerel-yam fish chips made by frozen mackerel, starch and yam powder were determined to study the effects of different aging time, frying time, frying temperature and amount of yam powder on the quality of fish-chips. **Results:** With the extension of the aging time, the specific

volume of the fish-chips gradually increased, when the aging time was 48 h, the specific volume reached 4.14 mL/g, and the hardness also gradually decreased. When the aging time was 48 h and 60 h, the hardness was 382.8 N and 371.5 N respectively. The brittleness first increased and then decreased with the increase of aging time, after 36 h, the brittleness of the fish stick had no significant difference. The best frying time of fish-chips was 40 s, at this time, its specific volume was 4.2 mL/g, its brittleness was 0.354 mm, and its hardness was 357.17 N; when the temperature reached 180 °C, the specific volume and brittleness of the fish-chips did not change significantly. With the increasing amount of yam powder, the specific volume, hardness, and acrylamide of fish-chips gradually decreased and its brittleness gradually increased, whereas the fat content had no obvious regularity. **Conclusion:** The fish chips could meet the needs of the public and had potential development values.

Keywords: mackerel; fish chips; yam powder; fat; acrylamide

鲭鱼 (*Pneumatophorus japonicus* Mackerel) 又名鲈鱼、青花鱼、青条鱼、鲈巴鱼,是一种常见的食用性鱼类。鲭鱼具有高蛋白、低脂肪、易被人体吸收的特点。目前除了鲜食外,鲭鱼加工产品常见有罐头、鱼糜、鱼片及对其进行酶解获得含有肽类物质的酶解液等^[1-2]。

淮山是薯蓣科薯蓣属植物薯蓣 (*Dioscorea opposita* Thunb) 的块根^[3],含有多糖、皂苷、尿囊素、色素、脱氢表雄酮等生物活性成分^[4]。丙烯酰胺 (AM) 是一种白色晶体,极易溶于水、乙醇、甲醇、丙酮、二甲醚和三氯甲烷^[5]。动物试验学证明,丙烯酰胺会对神经、遗传和生殖造成损坏,过量的丙烯酰胺可能会引起动物基因突变,损伤生物体内的 DNA,具有一定的致癌性^[6]。温度过高时,食物中的油脂首先被水解成甘油和脂肪酸,甘油被降解为丙烯醛,此外,蛋白质中的氨基酸分解也会产生少量的丙烯

基金项目: 泉州市“港湾计划”引进高层次人才团队项目 (编号: 2018CT004); 福建省星火项目 (编号: 2021s0040)

作者简介: 吕雪宁,女,泉州师范学院本科生。

通信作者: 陈怀宇 (1967—),男,泉州师范学院高级实验师。

E-mail: chen_huaiyu@163.com

郑宗平 (1976—),男,泉州师范学院教授,博士。

E-mail: zzpsea@qztc.edu.cn

收稿日期: 2022-07-08 **改回日期:** 2022-09-30

醛,丙烯醛和氨基酸分解通过氨反应生成丙烯酰胺^[7]。另外还有由天门冬酰胺和还原性糖在高温加热过程中发生美拉德反应生成丙烯酰胺的天冬酰胺途径,是较为公认的形成途径^[8]。目前对丙烯酰胺形成机理和抑制研究也是食品安全领域的一个热门课题^[9-10]。

鱼签是福建省崇武地方著名的传统特产,以新鲜的海鱼为原料,将鱼肉通过研磨、清蒸、切片、晒干油炸后形成^[11-12]。崇武鱼签以小杂鱼、狗母鱼、马鲛鱼等为原料,产品及口味单一。研究拟在原有的基础上开发出椒盐味、添加淮山粉的鱼签,通过用马鲛鱼、沙丁鱼、鲭鱼、巴浪鱼鱼肉为原料制作鱼签,从中优选一种较佳的鱼肉为原料研发椒盐味的鱼签产品,旨在使鱼签产品口味多样化,增加鱼签产品的营养价值。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

冷冻鲭鱼:惠安瑞芳食品有限公司;

木薯淀粉、玉米淀粉:南京甘汁园股份有限公司;

淮山粉:德化县泰生元农业综合开发公司;

丙烯酰胺:福州奥研实验器材有限责任公司;

石油醚、甲醇、乙腈、硫酸镁、氯化钠:分析纯,西陇科学股份有限公司;

电子天平:JK20002型,上海舜宇恒平科学仪器有限公司;

固相萃取旋转小柱:SupelcleanTM ENVITM-18型,美国SUPELCO公司;

电炸锅:FY-83型,广东杰亿厨具设备有限公司;

台式高速大容量冷冻离心机:H2050R型,湖南湘仪实验室仪器开发有限公司;

索氏抽提器:K9840型,上海洪纪仪器设备有限公司;

固相萃取装置:VISIPREPTM DL型,美国SUPELCO公司;

质构分析仪:TA-XT Plus型,英国Stable Micro Systems公司;

超声波清洗器:SB25-12DTD型,宁波新芝生物科技股份有限公司;

旋转蒸发仪:N-1300型,上海爱朗仪器有限公司;

高效液相色谱仪:Essential LC-16系列,岛津仪器(苏州)有限公司;

真空泵:EYELA A-1000S型,上海爱朗仪器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 工艺流程

原料预处理(去头、去尾、去内脏)→采肉→漂洗→绞肉→称取100 g鱼糜→加入调味料、香料水(炮制24 h)→

搅拌均匀→加入淮山粉和淀粉→搅拌均匀→加入1/4淀粉糊化热浆→混合搅拌→倒入模具成型→蒸煮1 h→4℃冷藏48 h→切片(1~2 mm)→60℃干燥3 h→190℃油炸40 s

1.2.2 操作要点

(1) 原料预处理:冷冻鲭鱼糜4℃解冻24 h,去头、去尾、去内脏,用清水洗净。

(2) 采肉:人工采肉3次,鲭鱼采肉得率为43.6%左右。

(3) 漂洗:用5倍鱼肉重的水反复漂洗3~4次。

(4) 加入淮山粉和淀粉:先加入30.0 g淮山粉,170.0 g木薯淀粉,100.0 g玉米淀粉,再加入200.0 g水。

(5) 糊化:称取100.0 g木薯淀粉,加入300.0 g水化开,搅拌均匀。待水沸腾时,将混合液置于不锈钢蒸片上加热,糊化过程中,用筷子不停地朝一个方向搅拌,搅至白色均匀无颗粒的糊状浆体,即为热浆。

(6) 搅拌:将热浆趁热加入备用的混合物中,迅速搅拌20 min,直至热浆与混合物均匀为止。

(7) 成型:将面团倒入套有耐高温的保鲜袋(易脱模)长为20 cm,宽高为5 cm的模具中定型。

1.2.3 鱼签口味配方

(1) 椒盐味鱼签:鱼糜100.0 g,料酒2.0 g,酵母粉1.0 g,椒盐粉7.0 g,白胡椒粉1.5 g,黑胡椒粉1.5 g,白砂糖3.0 g,鸡精6.0 g,十三香1.5 g,香料水100.0 g(生蒜30.0 g,生姜20.0 g,桂皮1.0 g,水400.0 g,泡制24 h)。

(2) 香辣味鱼签:鱼糜100.0 g,料酒2.0 g,酵母粉1.0 g,辣椒粉3.0 g,白胡椒粉1.0 g,花椒粉2.0 g,鸡精3.0 g,孜然粉1.0 g,五香粉1.0 g,食盐5.0 g,十三香1.0 g,香料水100.0 g。

(3) 孜然烧烤味鱼签:鱼糜100.0 g,料酒2.0 g,酵母粉1.0 g,辣椒粉2.0 g,白胡椒粉1.0 g,花椒粉2.0 g,鸡精4.0 g,孜然粉1.0 g,五香粉1.0 g,食盐5.0 g,十三香1.0 g,香料水100.0 g。

(4) 番茄味鱼签:鱼糜100.0 g,料酒2.0 g,酵母粉1.0 g,番茄粉5.0 g,十三香1.0 g,白胡椒粉1.0 g,五香粉1.0 g,白砂糖3.0 g,食盐4.0 g,香料水100.0 g。

1.3 指标测定

1.3.1 感官评定 随机抽取10名学生组成评分小组,根据鱼签感官指标评分标准(表1)进行感官评价。

1.3.2 质构 根据文献^[13-14]。

1.3.3 比容 用电子天平测定鱼签的质量,用芝麻或菜籽替代法测定鱼签的体积,按式(1)计算鱼签比容^[15]。

$$P=V/M, \quad (1)$$

式中:

P ——鱼签的比容,mL/g;

V ——鱼签体积,mL;

表 1 鱼签感官指标评分标准表

Table 1 Sensory index score standard of fish chip

项目	评分标准	分值
外观	外观平整, 薄厚一致, 气泡均匀	18~25
(25%)	外观平整, 薄厚较一致, 气泡基本均匀	9~17
	外观不平整, 薄厚不均匀, 气泡不均匀	0~8
口感	口感酥脆、细腻, 无硬块、硬心及塞牙的	18~25
(25%)	感觉	
	口感基本酥脆、细腻, 稍有硬块、硬心及塞牙的感觉	
	口感不酥脆, 有硬块、硬心及塞牙的感觉	9~17
	口感不酥脆, 有硬块、硬心及塞牙的感觉	0~8
色泽	金黄色, 色泽均匀, 有光泽	18~25
(25%)	浅黄色, 色泽较均匀, 略有光泽	9~17
	焦黄色或白色, 色泽不均, 无光泽	0~8
香气	油炸香味浓郁且具备鱼香味	18~25
(25%)	鱼签油炸香味不明显, 鱼香味太淡或太浓	9~17
	鱼签无香味甚至带有糊味或鱼腥味	0~8

M ——鱼签质量, g。

1.3.4 色差 根据文献[15-16], 按式(2)计算色差。

$$\Delta E = [(L^*_{\text{样品}} - L^*_{\text{空白}})^2 + (a^*_{\text{样品}} - a^*_{\text{空白}})^2 + (b^*_{\text{样品}} - b^*_{\text{空白}})^2]^{1/2}, \quad (2)$$

式中:

ΔE ——色差值;

L^* ——亮度(+表示偏亮, -表示偏暗);

a^* ——红绿值(+表示偏红, -表示偏绿);

b^* ——黄蓝值(+表示偏黄, -表示偏蓝)。

1.3.5 丙烯酰胺含量 根据文献[17-18]修改如下: 取 2 g 样品置于 50 mL 聚丙烯离心管中, 加入 40 mL 超纯水, 涡旋振荡 1 min, 超声均质 30 min, 过滤, 取 5 mL 滤液, 加入 10 mL 乙腈, 3 mL 正己烷, 5 g MgSO_4 和 0.5 g NaCl , 10 000 r/min 离心 5 min, 弃去正己烷层(即上清液), 再取 5 mL 乙腈提取物于 25 mL 梨形烧瓶中, 用旋转蒸发仪干燥, 加 2 mL 超纯水重新溶解, 备用。

HPLC 分析条件: C_{18} 色谱柱(250 mm×4.6 mm)、柱温 25 ℃; 流动相为乙腈—水($V_{\text{乙腈}}:V_{\text{水}}$ 为 90:10); 波长 205 nm; 自动进样方式; 进样量 20 μL ; 流速 0.8 mL/min。

1.3.6 粗脂肪含量 根据 GB 5009.6—2016。

1.3.7 数据处理 所有试验重复 3 次, 结果用平均值±标准差表示, 应用 SPSS 22.0 软件 AVONA 进行方差分析。图表中小写字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 鱼类的选择

由图 1 可知, 以鲭鱼为原料制作的鱼签有较大的比容。鲭鱼、巴浪鱼、马鲛鱼制作的鱼签硬度无显著性差异, 以鲭鱼和马鲛鱼制作的鱼签有较好的膨脹度和较大的脆性。综上, 食品配料如淀粉会对鱼签的比容、硬度、脆性产生影响, 鱼糜本身的组成及蛋白结构可能也会对鱼签的比容、硬度和脆性产生影响; 为了制作膨脹度较好、硬度小、脆性大、口感更佳鱼签, 宜选择鲭鱼鱼肉作为原料。

2.2 老化时间对鱼签品质的影响

2.2.1 鱼签比容 由图 2 可知, 随着老化时间的延长, 鱼签比容逐渐增大。当老化时间为 12, 36, 48 h 时, 鱼签比容有显著性差异($P<0.05$), 当老化时间为 48 h 时, 鱼签比容最大, 且切片比较容易, 不粘。当老化时间 <48 h 时, 鱼签比容较小, 膨脹效果较差, 且易粘在一起, 不利于干燥。当老化时间为 48 h 时, 木薯淀粉和玉米淀粉的微晶结构充分包裹了糊化时吸收的水分, 因此水分在高温条件下急剧汽化的爆破力, 使得淀粉颗粒充分膨脹, 当老化时间超过 >48 h 时, 淀粉微晶结构包裹水分到达一定程度, 鱼签比容增加缓慢。

2.2.2 鱼签硬度和脆性 由图 3(a)可知, 随着老化时间的延长, 鱼签硬度逐渐降低, 可能是老化时间充分, 水分子被充分包入淀粉的微晶结构中, 在高温油炸时急剧汽化其爆破力使淀粉颗粒充分膨脹, 形成疏松多孔的内部结构, 因此硬度降低, 口感更佳^[19]。当老化时间为 36, 48, 60 h 时, 鱼签硬度无显著性差异, 但与 12, 24 h 相比

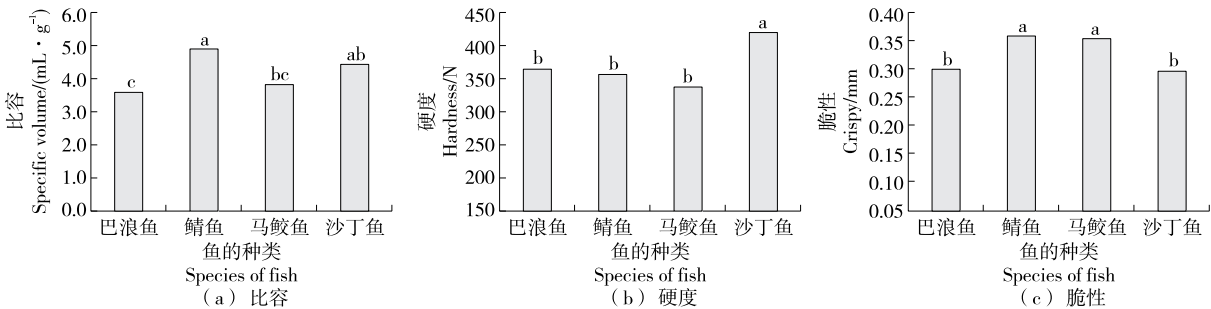


图 1 鱼种类对鱼签比容、脆性和硬度的影响

Figure 1 Effects of fish species on specific volume, brittleness and hardness of fish chips

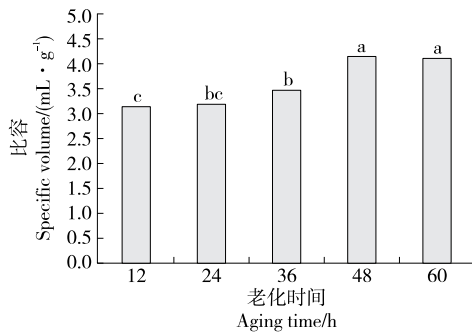
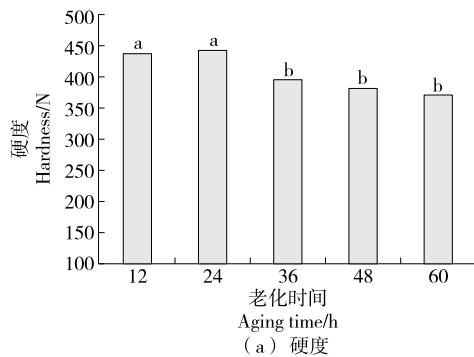


图2 老化时间对鱼签比容的影响

Figure 2 Effects of aging time on the specific volume of fish-chips

有显著性差异 ($P < 0.05$)。

由图 3(b)可知,随着老化时间的延长,鱼签脆性先增加后减小,老化时间对鱼签脆性无显著影响。综上,较佳老化时间为 48 h。



2.3 油炸时间对鱼签品质的影响

由图 4(a)可知,随着油炸时间的延长,鱼签比容逐渐增大,当油炸时间为 40,50,60 s 时,鱼签比容无显著性差异,当油炸时间 > 40 s 时,随着油炸时间的增长比容变化不大,这是因为油炸 40 s 后,物料含水量少,膨化动力变小,比容变化也小^[16]。当油炸时间为 20 s 时,鱼签比容最小,此时油炸时间较短,油炸不完全,鱼签未完全膨胀,因此比容较小。由图 4(b)和图 4(c)可知,鱼签脆性和硬度变化不明显,均无显著性差异,但油炸时间为 60 s 时,鱼签基本焦糊,口感不佳。由表 2 可知,当油炸时间为 20,40 s 时,鱼签的色泽与市售的鱼签较为相近。因此,最佳油炸时间为 40 s。

2.4 油炸温度对鱼签品质的影响

由图 5(a)和图 5(b)可知,随着油炸温度的升高,鱼签比容和脆性呈逐渐增加的趋势,油炸温度越高,鱼签膨胀度越好,当油炸温度为 180,190,200 °C 时,与 160 °C 相

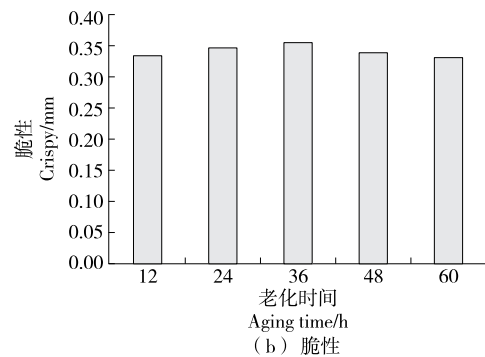


图3 老化时间对鱼签硬度和脆性的影响

Figure 3 Effect of aging time on hardness and brittleness of fish-chips

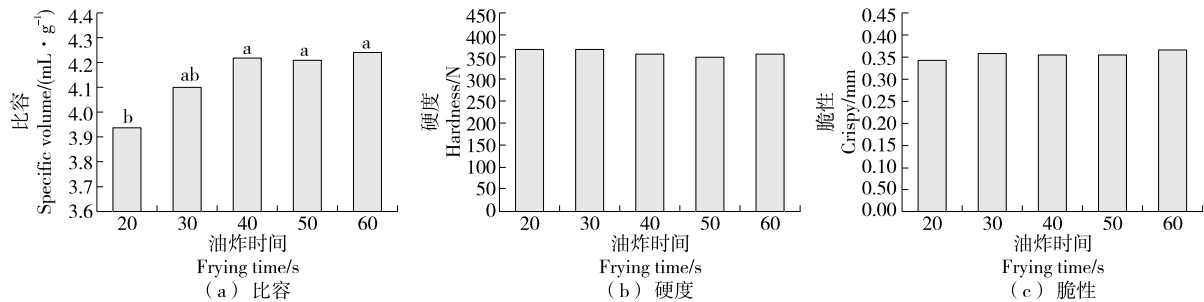


图4 油炸时间对鱼签比容、硬度和脆性的影响

Figure 4 Effects of frying time on specific volume, hardness and brittleness of fish-chips

表 2 油炸时间对鱼签色泽的影响

Table 2 Effects of frying time on the color of fish-chips

油炸时间/s	L^*	a^*	b^*	ΔE
20	56.31 ± 0.71^a	15.04 ± 0.72^b	22.32 ± 0.71^b	10.12 ± 0.29^{cd}
30	48.43 ± 0.68^d	13.70 ± 0.44^c	20.48 ± 0.93^c	13.51 ± 0.22^{bc}
40	53.03 ± 0.58^b	10.56 ± 0.92^d	25.43 ± 0.69^a	11.17 ± 0.72^d
50	47.54 ± 0.73^d	21.96 ± 0.65^a	25.95 ± 0.85^a	20.10 ± 0.51^a
60	51.40 ± 0.68^c	20.62 ± 0.76^a	20.73 ± 0.62^c	16.98 ± 0.89^{ab}

比,鱼签比容和脆性差异显著($P<0.05$)。比容增加缓慢,可能是因为油炸温度低,能量不足,膨化动力小;当油炸温度为 180 ℃ 时,鱼签中大部分水分迅速散失,水分含量变少,膨化动力变小^[16]。由图 5(c)可知,油炸温度对鱼

签硬度的影响不显著,但油炸温度过高,容易炸糊,影响口感。所以从食用健康和节省能源的角度考虑,油炸温度不宜过高^[14],180~190 ℃ 较为适宜。由表 3 可知,当油炸温度为 200 ℃ 时,鱼签的色泽与市售鱼签相差较小。

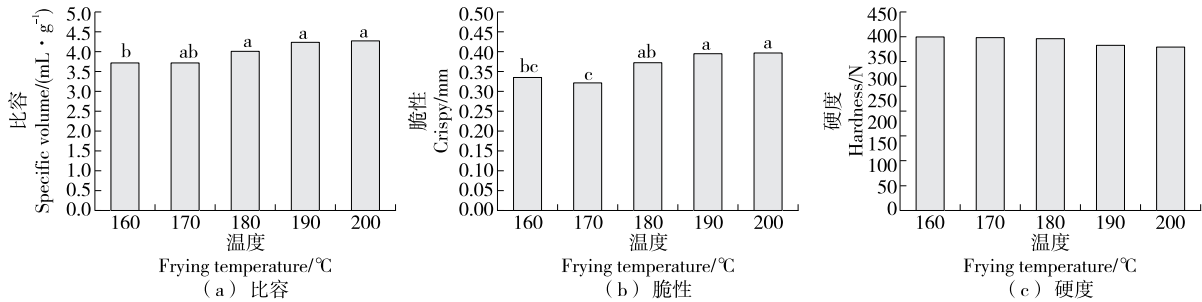


图 5 油炸温度对鱼签比容、脆性和硬度的影响

Figure 5 Effects of frying temperature on specific volume, brittleness and hardness of fish-chips

表 3 油炸温度对鱼签色泽的影响

Table 3 Effects of frying temperature on the color of fish-chips

油炸温度/℃	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	△ <i>E</i>
160	47.59±0.54 ^b	13.72±0.89 ^{ab}	23.10±0.15 ^b	15.85±0.50 ^b
170	43.90±0.86 ^d	15.15±0.40 ^a	25.62±0.89 ^a	20.19±0.60 ^a
180	46.01±0.49 ^c	9.67±0.85 ^d	20.41±0.26 ^c	15.35±0.55 ^b
190	48.42±0.50 ^b	11.85±0.74 ^c	18.87±0.23 ^d	14.12±0.16 ^c
200	52.13±0.80 ^a	12.44±0.22 ^{bc}	17.99±0.58 ^d	11.63±0.54 ^d

2.5 淮山粉添加量对鱼签品质的影响

2.5.1 鱼签比容 由图 6 可知,随着淮山粉添加量的增加,鱼签比容逐渐减小。当淮山粉添加量为 2.5% 时,鱼签比容最大,初步认为淮山粉最佳添加量为 2.5%。当淮山粉添加量为 5.0%,7.5%,10.0%,12.5% 时,相对于对照组,鱼签比容分别降低了 9.61%,16.55%,19.04%,23.84%,可能是淮山粉添加量增多,吸收部分水分,导致淀粉的微晶结构中水分含量少,高温油炸时急剧汽化产生的爆破力减小^[19]。当淮山粉添加量为 2.5%,5.0%,7.5%,10.0%,12.5% 时,与对照组相比有显著性差异

($P<0.05$),当淮山粉添加量为 7.5%,10.0%,12.5% 时,鱼签比容无显著性差异。

2.5.2 鱼签脆性和硬度 由图 7(a)可知,随着淮山粉添加量的增加,鱼签脆性逐渐增加,当淮山粉添加量分别为 2.5%,5.0%,7.5%,10.0%,12.5% 时,相对于对照组,鱼签脆性分别增加了 3.30%,8.70%,13.59%,15.76%,16.85%。与对照组相比,淮山粉添加量为 7.5%,10.0%,12.5% 的脆性有显著性差异($P<0.05$),淮山粉添加量为 2.5% 的脆性与对照组相比无显著性差异。

由图 7(b)可知,随着淮山粉添加量的增加,鱼签硬度逐渐减小,当淮山粉添加量为 2.5%,5.0%,7.5%,10.0%,12.5% 时,相比对照组,鱼签硬度分别降低了 2.14%,5.71%,6.98%,10.80%,11.63%。这可能是因为添加淮山粉后,鱼签结构发生了变化,导致鱼签硬度也随之降低。当淮山粉添加量为 10.0%,12.5% 时,与对照组相比,硬度有显著性差异($P<0.05$)。由表 4 可知,当淮山粉添加量为 0%,10.0% 时,鱼签的色差与市售鱼签的较接近。

2.5.3 脂肪含量 由图 8 可知,淮山粉添加量对鱼签中脂肪含量的影响不显著,可能是鱼签在高温条件下瞬间膨胀,形状变化不规则,鱼签内部结构疏松,形成大小不一的气泡,当鱼签中水分迅速汽化,部分油脂进入气泡中,导致脂肪含量无规律性变化^[15]。当淮山粉添加量为

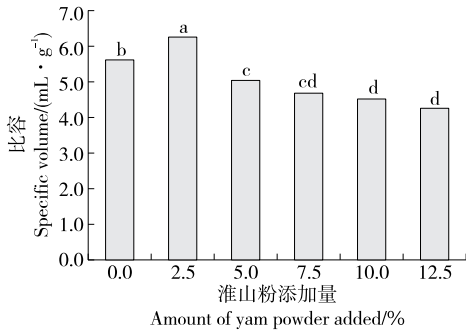


图 6 淮山添加量对鱼签比容的影响

Figure 6 Effects of yam powder addition on the specific volume of fish-chips

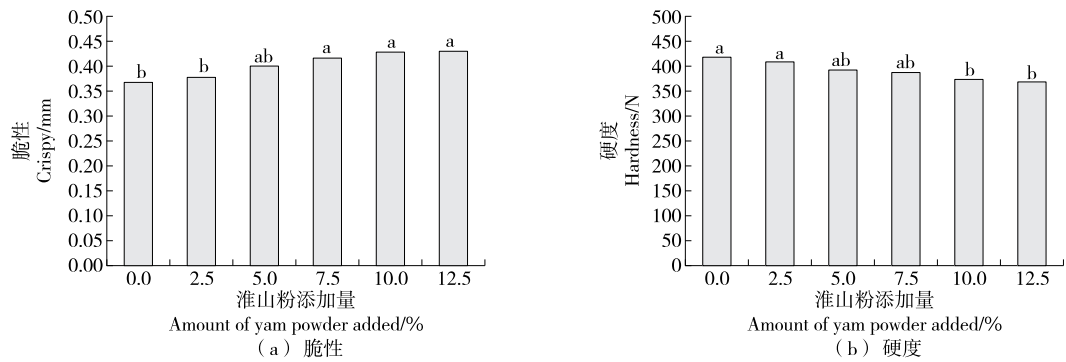


图 7 淮山添加量对鱼签脆性和硬度的影响

Figure 7 Effects of yam powder addition on specific brittleness and hardness of fish-chips

表 4 淮山粉添加量对鱼签色泽的影响

Table 4 Effects of yam powder addition on the color of fish-chips

淮山粉添加量/%	<i>L</i> *	<i>a</i> *	<i>b</i> *	△ <i>E</i>
0.0	57.28±0.48 ^a	7.11±0.43 ^c	19.30±0.39 ^d	4.23±0.28 ^d
2.5	51.30±0.72 ^d	11.32±0.47 ^b	27.59±0.82 ^a	13.23±0.52 ^a
5.0	52.89±0.77 ^c	15.22±0.62 ^a	25.76±0.96 ^b	13.82±0.62 ^a
7.5	55.80±0.76 ^b	13.98±0.89 ^b	25.10±0.72 ^{bc}	11.16±0.53 ^b
10.0	55.44±0.60 ^b	8.17±0.56 ^c	24.07±0.47 ^c	6.98±0.53 ^c
12.5	50.40±0.38 ^d	7.96±0.41 ^c	24.88±0.07 ^{bc}	11.44±0.03 ^b

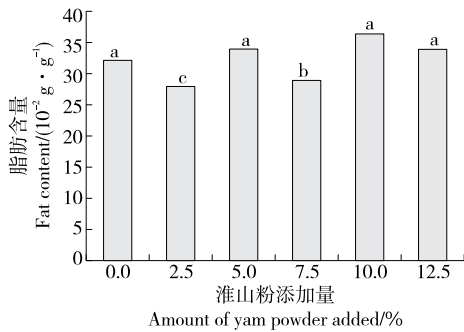


图 8 淮山添加量对鱼签脂肪含量的影响

Figure 8 Effects of yam powder addition on fat content in fish-chips

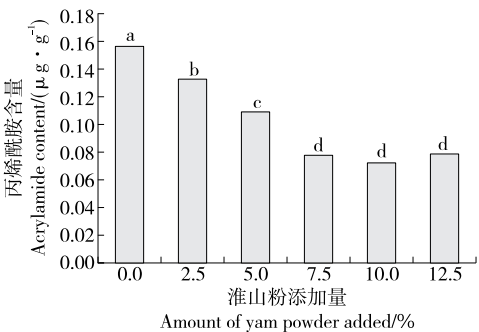


图 9 淮山添加量对鱼签中丙烯酰胺生成的影响

Figure 9 Effects of yam powder addition amount on acrylamide formation in fish-chips

2.5%, 7.5% 时, 鱼签中的脂肪含量降低, 分别为 28.8, 27.7 g/100 g, 与对照组相比显著降低 ($P < 0.05$)。

2.5.4 丙烯酰胺含量 由图 9 可知, 随着淮山粉添加量的增加, 鱼签中丙烯酰胺含量逐渐减少, 当淮山粉添加量 $> 7.5\%$ 时, 丙烯酰胺含量无显著变化, 可能是随着淮山粉的增多, 鱼蛋白将淮山粉颗粒包裹, 游离出的氨基酸含量降低, 减弱了美拉德反应的发生, 所以丙烯酰胺含量减少^[20-21]。当淮山粉添加量达到一定量时, 对丙烯酰胺的生成无明显抑制作用, 因此淮山粉添加量取 7.5% 较合适。

3 结论

试验表明, 随着老化时间的延长, 鱼签比容逐渐增大, 硬度逐渐减小, 脆性无明显变化。油炸时间越长, 鱼签比容逐渐增大, 而鱼签的脆性和硬度的变化不大。油炸温度越高, 鱼签的比容和脆性越大, 硬度则无明显变化。随着淮山粉添加量的增加, 鱼签的比容、硬度、丙烯酰胺含量逐渐减小, 而脆性逐渐增大, 脂肪含量无明显的变化规律。当老化时间为 48 h, 油炸时间为 40 s, 油炸温度为 180 ℃ 或者 190 ℃, 淮山粉添加量为 7.5% 时, 鱼签的综合品质得到改善。后续将继续研究不同淀粉、油炸用油, 以及采用微波、焙烤或新型涂膜技术等对鲭鱼淮山

鱼签品质的影响,进一步降低含油量,研发更加健康的闽南特色膨化食品。

参考文献

- [1] WANG X, YU H, XING R, et al. Optimization of the extraction and stability of antioxidative peptides from mackerel (*Pneumatophorus japonicus*) protein[J]. BioMed Research International, 2017, 22: 1-14.
- [2] WANG X, YU H, XING R, et al. Optimization of antioxidative peptides from mackerel (*Pneumatophorus japonicus*) viscera[J]. Peer J, 2018, 6: 1-21.
- [3] 张欣, 张记, 彭桂兰, 等. 山药切片真空干燥特性及模型研究[J]. 食品工业科技, 2022, 43(4): 82-89.
- ZHANG X, ZHANG J, PENG G L, et al. Study on vacuum drying characteristics and model of yam slices[J]. Science and Technology of Food Industry, 2022, 43(4): 82-89.
- [4] ZHANG J, TIAN H, ZHAN P, et al. Isolation and identification of phenolic compounds in Chinese purple yam and evaluation of antioxidant activity[J]. LWT-Food Science and Technology, 2018, 96: 161-165.
- [5] 廖晰晰, 苏小军, 李清明, 等. 食品中丙烯酰胺形成与调控机制研究进展[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(3): 206-208.
- LIAO X X, SU X J, LI Q M, et al. The study of acrylamide formation and regulatory mechanism in food[J]. Food Research and Development, 2016, 37(3): 206-208.
- [6] 范云露, 陆启玉. 食品中丙烯酰胺的形成与风险分析[J]. 粮油食品科技, 2013, 21(5): 84-88.
- FAN Y L, LU Q Y. Formation of acrylamide in food and its risk analysis[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2013, 21(5): 84-88.
- [7] 师晓漫. 油炸薯片中产生的丙烯酰胺免疫分析方法的建立[D]. 镇江: 江苏大学, 2019: 2-3.
- SHI X M. The development of immunoassays for the detection of acrylamide produced in fried potato chips[D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2019: 2-3.
- [8] 张根义. 热加工食品中丙烯酰胺的形成机理和风险分析[J]. 无锡轻工大学学报, 2003, 22(4): 91-99.
- ZHANG G Y. Formation mechanism and risk assessments of acrylamide generated in heated foodstuffs[J]. Journal of Wuxi of Light Industry, 2003, 22(4): 91-99.
- [9] ZHANG Y, ZHANG Y. Formation and reduction of acrylamide in Maillard reaction: A review based on the current state of knowledge[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2007, 47: 521-542.
- [10] 郑宗平, 秦川, 兰山, 等. 食品体系中丙烯酰胺的研究进展: 抑制剂及其抑制机理[J]. 食品科学, 2014, 35(1): 282-288.
- ZHENG Z P, QIN C, LAN S, et al. Research progress of acrylamide in food system: Inhibitors and inhibition mechanism[J]. Food Science, 2014, 35(1): 282-288.
- [11] 邓昌俊. 即食鱼糜脆片真空油炸工艺的研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2018: 2-5.
- DENG C J. Study on vacuum frying technology of instant surimi chips[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2018: 2-5.
- [12] 李远志, 郑素霞, 罗树灿, 等. 真空微波加工马铃薯脆片的工艺特性[J]. 食品与发酵工业, 2003, 29(8): 40-43.
- LI Y Z, ZHENG S X, LUO S S, et al. Study on the processing characteristics of potato crispy chips by vacuum micro-wave[J]. Food and Fermentation Industries, 2003, 29(8): 40-43.
- [13] MAGALHÃES N F, ANDRADE C T. Thermoplastic corn starch/clay hybrids: Effect of clay type and content on physical properties[J]. Carbohydrate Polymers, 2009, 75(4): 712-718.
- [14] 张文君, 何慧, 聂志奎, 等. 油炸藕片加工工艺和质构特性研究[J]. 食品科学, 2012, 33(10): 141-145.
- ZHANG W J, HE H, NIE Z K, et al. Processing technology and texture properties of fried lotus root slices[J]. Food Science, 2012, 33(10): 141-145.
- [15] 张宛平. 油炸山药豆脆片工艺研究及货架期预测[D]. 武汉: 武汉轻工大学, 2014: 10-16.
- ZHANG W P. Researches on technology and fried yam bean crisp and the shelf life prediction [D]. Wuhan: Wuhan Polytechnic University, 2014: 10-16.
- [16] 徐吉祥, 楚炎沛. 色差计在食品品质评价中的应用[J]. 现代面粉工业, 2010, 24(3): 43-45.
- XU J X, CHU Y P. Application of colorimeter in food quality evaluation[J]. Modern Flour Milling Industry, 2010, 24(3): 43-45.
- [17] ZENG X. Preventive potential and mechanism study of food additives on the formation of acrylamide[D]. Hong Kong: The University of Hong Kong, 2010: 64.
- [18] BRANDL F, DEMIANI S, EWENDER J. A rapid and convenient procedure for the determination of acrylamide in food stuffs[J]. Electronic Journal of Environmental Agricultural and Food Chemistry, 2002, 1(3): 137-144.
- [19] NOOMHOR A, KONGSEREE N, APINTHABAPONG M. Effect of aging on the quality of glutinous rice crackers [J]. Cereal Chemistry, 1997, 74(1): 12-15.
- [20] 李钦. 油炸马铃薯片中丙烯酰胺含量的控制方法研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2013: 3-4.
- LI Q. The study on control method of acrylamide content in fried potato chips[D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2013: 3-4.
- [21] 柴晴晴, 武文, 刘鹏飞, 等. 食品中丙烯酰胺的形成机理、检测方法 & 控制措施研究进展[J]. 食品与机械, 2021, 37(5): 203-208.
- CHAI Q Q, WU W, LIU P F, et al. Research progress on formation mechanism, determination methods and regulatory measure of acrylamide in food[J]. Food & Machinery, 2021, 37(5): 203-208.